

城市污水处理

——投资与决策



邬扬善 编著

03
7

中国环境科学出版社



城市污水处理

——投资与决策

郭扬善 编著

中国环境科学出版社

1992

(京)新登字 089 号

内 容 简 介

本书主要内容,城市污水的排放、污染处理及利用状况,城市水污染造成的损失及排水设施效益评价,2000年污水增长和处理厂发展趋势,处理厂规划建设方针、决策原则、程序、方法和实例,建设投资特点、渠道及提高效益节省投资途径等方面。

本书可供从事城市污水规划、管理、城市污水处理厂建设管理等方面有关领导和科技人员参考。

城市污水处理 ——投资与决策

郭扬 著

责任编辑 李玲英

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

大厂兴源印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1992年5月第 一 版 开本 787×1092 1/32

1992年5月第一次印刷 印张 9 1/2, 插页, 1

印数 0001—5 000册 字数 196千字

ISBN 7-80093-116-1/X·576

定价, 5.50元

前 言

当前，城市污水排放及处理对策的研究是关系到发展我国排水事业，改善城市环境和建设现代化城市的重要课题。

由于日趋复杂的工业污染尚未得到有效控制，不断增加的城市生活污水又几乎无处理设施，致使城市河道大多成为散发臭味的污水沟，地面和地下水资源均遭受严重污染，据统计在水污染方面的年损失已达170亿元之多，对我国城乡经济发展和人民身体健康产生了十分有害的影响。

城市是工业集中和人口稠密的地区。我国的工业资源利用率偏低而城市人口密度又偏高，大量设施不全的小城镇要扩大和升级，在这双重不利因素的叠加作用下，我国城市环境所承受的污染负荷大大高于发达国家；加之，不少地区水资源不足，水环境自净能力差，长期以来又忽视城市基础设施建设，城市排水和污水处理设施严重不足，这些终于导致了我国城市水环境的全面污染。

建国以来，在城建部门的努力下，1987年与建国初相比，城市排水管道增加5倍，污水处理能力增加到200万米³/日，但城市污水日排放量却增至6823万立方米之多，超出了排水设施增加量的30多倍。我国环境保护部门经15年艰苦创业，到1987年工业废水处理率已达26%。由于这些工业废水的处理设施过于分散，运行管理差，全国工业废水的达标率只有46%。因而，大量未处理和未达标的污水随意排放，造成了我国水环境的严重污染，这也是我国城市水环境设施大量欠

帐所带来的必然恶果。

在城市里，水是系统性很强的物流。从水源开采，水质净化，以及输送、利用和排放，除有10~20%的少量水损耗外，大都在各种管道和河渠中汇集流动，形成了一个较完整的系统。就污水来讲，只有将上游——工厂和居民的使用，中游——排水干管和处理厂，下游——污水排放、利用和环境净化，这三个环节组成一个完整的污水系统，水的污染问题才能得到合理的解决。所以对水资源和水污染问题的彻底解决必须要有系统观点，要靠系统工程。

污水是在使用中产生，对于工业部门采取“节水减污”是首要的，但目前节水减污之后的厂内废水处理上却存在不少问题，尤其是与厂外城市污水处理的协调问题，存在着较大的脱节。城市排水及污水处理设施是城市水污染治理的主体设施。如果，主体设施不能形成，工业废水以及医院污水不得不走费用高而效益低的分散处理道路，那就很难制订出合适的方针政策来促使城市排水设施获得重视和发展，并从目前与经济建设、城乡建设的不同步到实现同步发展，城市水环境问题也不可能会有效地获得解决。

城市污水在国外，大都经历了七八十年，甚至上百年的努力才取得了较为彻底和全面的治理，对于我国来讲，更是一项浩大而需为之长期奋斗的艰巨任务。尤其是在我国存在着一系列的重大障碍，如城市计划部门决策人员存在着难以扭转的重生产轻基础，重当前轻长远，重地面轻地下，重供水轻排水等短期化和表面化思想；城市水资源和污水的多头管理体制等等……，这些问题的解决都不是轻而易举的，但这些问题又必须解决。本书为问题的解决提供了不少见解，但关键是要靠实践来不断深化认识和探讨合适的解决办法，并在

实践中走出一条符合国情的、有中国特色的城市污水治理模式。作者殷切期待本书能吸引更多的同志来开展研究和实践，同时也希望书中所提的观点和建议能得到检验、修正。

本书是基于1986年完成的“发展我国城市污水处理厂的技术经济政策研究”建设部课题和国内有关研究成果，针对城市及城镇污水对策中的城市污水处理规划决策及投资效益和技术经济政策等问题，进行了研究和分析。书中也列举了国内外较多的情况、实例和相当丰富的信息和数据，并提出了不少对策建议。由于水平所限，书中必然存在不少问题和错误，敬请读者指正。本书第六章由王炎庠同志编写，另外部分章节还选用或参照了沈光范、吴卫国、吴熊勤、孙孝然、王起凤、赵鸿文、章维、师敬等同志的研究成果和数据，在此一并表示感谢。

编 者

目 录

第一章	城市排水及污水处理设施的作用与演变	1
第一节	国外城市污水处理在水污染防治中的作用	1
第二节	城市排水设施的演变	8
第三节	我国城市污水的历史回顾	10
第四节	未来城乡生态工程的展望	12
第二章	我国城市污水现状	16
第一节	城市污水排放状况	16
第二节	城市工业废水排放状况	22
第三节	城市污水污染状况	26
第四节	城市污水再利用状况	32
第五节	城市排水和污水处理状况	42
第三章	2000年的预测	47
第一节	概述	47
第二节	2000年城市供水与用水预测	57
第三节	2000年城市污水量增长预测	73
第四节	2000年城市污水处理厂	82
第四章	城市污水处理的规划和决策	91
第一节	国内外水污染控制系统规划	91
第二节	工业废水的厂内预处理规划	103
第三节	我国城市排水及污水处理规划建设方针和决策原则	107
第四节	城市污水厂规划决策程序和方法	111
第五节	城市污水厂规划决策实例研究	124
第六节	合理利用大水体自净能力的技术决策原则	130

第五章 城市排水及处理厂的建设投资	135
第一节 历年建设与投资概况	135
第二节 投资特点	139
第三节 提高投资效益的途径	151
第四节 降低城市污水厂投资和占地的途径	160
附一 全国城市排水设施累计欠帐分析	168
附二 国外城市排水投资概况	169
第六章 城市排水及污水处理设施的效益评价	174
第一节 理论和方法	174
第二节 全国城市排水及污水处理设施效益的计算	193
第七章 实例研究	213
第一节 天津市的污水处理	213
第二节 无锡市的污水处理	238
第三节 澄江镇的污水处理	255

第一章 城市排水及污水处理

设施的作用与演变

第一节 国外城市污水处理 在水污染防治中的作用

世界上多数工业发达国家，在城市人口剧增和工业迅速发展过程中，都相继出现过城市水污染的严重情况。19世纪中叶，英国许多城市不断发生霍乱。1848年夏和1854年夏，伦敦先后两次霍乱大流行，每次死亡都在万人以上。经调查发现，多数是因饮水水源遭到生活污水污染而引起。这些惨痛的教训逐渐使人们认识到修建完善的排水系统（下水道）对防止水源污染的重要作用。英国在居民强烈要求下开始修建下水道，美国也在霍乱流行之后，于1857年在纽约州的布鲁克林市设计修建了第一个较为完整的下水道系统。

下水道系统只能将污水从城区集中排送到较远的地点泄入水体，仍不能解决生活污水和工业废水的污染问题。于是在19世纪末叶，首先在英国若干城市开始修建污水处理厂和合流下水道的截流管，将晴天污水和雨后经雨水稀释的部分污水引入处理厂内进行处理，然后排入水体以减轻污染。由于污水厂的大量建设和下水道系统的完善，使这些国

家的水体污染逐渐得到了控制。

一、城市化较早和工业较发达的国家

(一) 伦敦市水污染的发展及其治理

18世纪初期,作为伦敦市主要水源的泰晤士河,河水清澈,风景秀丽,河中有104种鱼,其中盛产著名的鲑鱼。但由于污染发展,1831年到1866年间多次爆发霍乱。1850年前后已见不到鲑鱼。当时伦敦人口700万,泰晤士河的有机污染负荷(以BOD₅计)已从1800年的450吨/日增至900吨/日,虽广泛修建城市下水道和泵站,但污染负荷没有削减,河水污染仍十分严重,历史上称其为第一污染期。19世纪末开始兴建城市污水厂和下水道截流管,1920年已建有40座污水厂,但由于人口增长过快,污染继续发展。1900~1950年泰晤士河进入第二污染期,伦敦人口增至850万,城市总BOD负荷仍为900吨/日,使泰晤士河有的河段溶解氧完全降为零。900吨/日的负荷又持续了10年之久。直至1960年几个大型污水厂建成运行,负荷才开始下降,1960年降为660吨/日,1970年降为400吨/日,1980年又继续大幅度下降到100吨/日以下。从1950~1980年,泰晤士河水质污染指标BOD降为2~3毫克/升,氨氮0.2~0.3毫克/升,而溶解氧上升趋于饱和。泰晤士河水质获得改善原因是多方面的,如制定水法、建立水管局、加强有毒物和非生物降解物排放控制等,但其中最重大的措施是加强了城市污水处理厂和下水道截流管的建设,使排入水体负荷大幅度削减。伦敦市污水处理厂在1920年为20座,60年代为100座,70年代又逐渐合并为20~25

座,目前主要有7座,最大的是贝克顿厂(100万米³/日),克劳斯厂(50多万米³/日)和莫格登厂(约50万米³/日)。由于污水厂大量建设及种种措施采用,使泰晤士河水质在第二恢复期获得根本好转。1969年游回了已绝迹119年的鱼群,就有110种鱼。伦敦排水设施建设经近百年历史,终于解决了城市水污染问题。由于历史上霍乱爆发夺走了数万人生命,教训极深,致使英国对排水设施建设始终未敢放松,即使在第二次世界大战时期仍继续以国民总值0.26%的投资比例进行排水设施建设。

(二) 美国威拉米脱河的治理

这是一条被称为美国水源保护橱窗的河流,位于俄勒冈州的西北部。早在1910年,当地卫生委员会曾对该河流作过如下描述:“入河污水直接随人口密度增加而成比例增加。沿河到处是垃圾和废物,几乎整条河都成了污水沟,不仅饮水发生危险,许多地方连游泳都不可能了”。从1920~1928年间河流中氧的耗尽使鲑鱼不能回游,夏天河面上漂浮着大块黑泥。但经50多年治理,水质逐渐恢复,1965年发现79条鲑鱼回游,1966年增加到上千条,1968年水质显示明显改进,1969年整条河流均达到了水质标准。

威拉米脱河的治理也同样经历了较长的时间。从1920年起至1939年的前后20年内,只有6%污水得到处理,而且所建污水厂多数位于支流上。1957年普及了一级处理(沉淀池和水塘,可去除30%的污染物),然而水质并未改善,所作努力又为人口和工业迅速膨胀所抵消。在工业中以罐头和肉类加工工业的发展影响最大,因为正值夏季和早秋河流净化能力最弱之时,它们的污染物排放量最多。造纸工业的发展也带

来较严重的污染。经过40年与水污染的斗争实践，人们逐渐清楚地意识到，为应付一再增长的污染负荷，必须采取措施，完善和改进污水处理设施，增强污水处理厂对水质净化能力。从1959年起，沿河三个主要城市相继在居民中集资（早期美国污水厂建设主要靠地方集资）建设二级处理设施——曝气池。到1968年多数二级处理设施投入运行，排入水体污染物被大量削减，加之上游一些用以调节和增加河道枯水季节水量的水库陆续建成，使河流水质得到明显改进。为使水质改善的效果得到巩固，州政府又采取了排污许可证制度与总量控制办法，使威拉米脱河一直保持着良好的水质。

尽管威拉米脱河治理较为成功，但是，全美国的水污染治理却并不那么顺利，经过多年的挫折和教训，于1970年才开始意识到水污染控制在技术和政策上的复杂性。历年所订标准并无实效，所提计划也无多大进展。为此，国会于1970年通过了《水质改进法》。作为该法规定的一项重要政策是继续对污水处理厂建设提供资金，但实际上许多工业者和市政部门并未申请到这项补助金，使得水污染治理进展不大。

由于几次修订法规的无效，以及来自环境保护舆论压力不断增加，国会又通过了1972年的水污染控制法。在该法中制订了严格的标准和罚金；对城市和工业设置了适当的水质净化工艺标准，限期达到；并为区域规划制订和实施提供资金。这些措施大大加快了城市污水处理厂的建设，使全国水质恶化趋势得到控制，出现部分河流水质好转的情况。

近来，美国环保局给国会的报告说，很多一度受污染的河流已大大净化，约75%的地表水体已符合标准，并可用于养鱼、游泳和饮用。

在过去的20年中联邦政府已投资50亿元来改善和建造城

市污水处理厂。约87%的城市污水处理厂和93%的主要工业企业符合国家或州的水污染控制要求。点源污染和工业污染物排放量呈下降趋势。

二、工业发展较快的发达国家

(一) 日本的水污染防治

在日本，由于战后急于恢复和发展生产，完全忽视了环境问题，导致公害泛滥，发生震惊世界的水俣病、骨痛病，成为世界著名公害之国，因而不得不开始着手环境污染治理。在50年代末和60年代初，主要是制定公害防止法，致力于工业污染源的控制。期间虽说有一定成效，但实践表明，单靠工业污染源的控制是不能全面而有效地控制水体污染和改善环境质量。与世界其他发达国家相比，日本排水设施落后是日本水质污染的主要原因。基于这种情况，开始大力发展排水设施，于1963年制订了第一个下水道发展计划（当时日本下水道人口普及率只有7%，城市污水厂数与我国目前情况相近，仅34座）。到1970年，日本下水道普及率发展到16%，水质开始改善，并由单纯污染源治理转入全面环境保护时期，制定了一批法规，对水域分类订出环境标准，对工厂制定排放标准，超标罚款，并且也更加重视排水设施建设。对于下水道法作了新的修改，施行分流制、深度处理和按流域划分下水道等建设计划。在财政上给予强大支持，大量地增加了排水设施投资。在1975年前，几乎将水质污染防治费用的95%都用在排水设施的建设上。这样，经过近20年内五次下水道五年计划的实施，到1984年，普及率提高到40%，污

水处理厂增加到500座。在1976年水质监测结果证明，日本水质已全面恢复，达到了工、农、渔业的用水标准。可见，城市排水设施的建设对于日本水污染防治是起着相当重要的作用。

（二）联邦德国的水污染防治

联邦德国同样也在50年代经历工业高速度发展和环境设施严重欠帐，造成水环境全面污染的痛苦教训，以及近期通过立法、规划、河流污染治理和大力建设排水及污水处理设施，获得使水质逐步好转的成功经验。1969年污水生物处理普及率为35%，到1983年上升为80%。从1970年到1979年投资280亿马克，而1950~1960年只有25亿马克。

三、发展中国家情况

印度的孟买正在大规模地筹款和设计造价数亿美元的城市污水处理厂工程。该工程包括22个泵站、8个处理厂、几个大型入海排水口和9公里长直径3.5米的管道。工程完成可使全市大部分污水得到处理。还有土耳其、南朝鲜、印度尼西亚等国也在开始规划和设计大量现代化的城市排水设施，以摆脱城市水体污染日趋严重的困境。

四、一点认识

由上可见，世界各国在城市化和工业化进展到一定时候，几乎毫无例外地都遇到了城市水源污染和环境破坏的情况，也都经历了控制工业污染和在完善原有排水设施基础上，进一步增加水质净化设施的历史过程，使城市水污染得以控制。

值得注意的是，在工业发达国家，尽管技术较先进，资源利用较充分，尚且需要化很大的力量去建设和完善城市排水设施，可见排水设施对于城市水污染防治是不可缺少的，并且应该随着城市和工业的发展而不断发展和完善。尽管世界各国在工业化和城市化过程中，有着这样或那样的差异，这个总的趋势是不可违背的。从环境问题在世界各国普遍发生、发展和正在逐步解决这一事实来看，环境问题是人类发展中的问题，也必然要在人类发展中得到解决。我国第二次全国环保会议总结得好，工业污染的解决，要靠技术进步、资源合理开发和充分利用来实现。我国“全面规划、合理布局”的方针体现了城市要合理发展的思想。在我们总结了世界各国的城市水污染历史经验之后，应该在这里再补充一条，即城市环境问题的解决还应该在城市环境设施的完善与发展中逐步得到解决。应该将其作为一条规律来认识和遵循它，我们的一切立法、行政、经济和技术措施都应该围绕和依据这条规律来制订和采用。

由于当代科学的发展，我们还可以对这一规律找到科学的解释。城市生态学认为，城市是一个工业和人口、能流高度密集，具有复杂网络的人工生态系统。在这个系统的物流中，工业三废和人类消费污染日益增加，其输送和处理问题是不容忽视的。为收集、处理、输送工业废水、生活污水和地面雨水，使高效益的城市生态系统得以正常运行，应该有完善的城市排水网络和净化设施。生态经济学理论指出，生态系统的存在、生态平衡的维持，分解者是一个不可缺少的因素。没有作为分解者的微生物，也不可能生机勃勃的、生生不息的自然界。当人类经济活动结合生态系统，形成生态经济复合系统，强大的现代化生产力与大自然进行物质交换，产生出许多于人类有害的人造新物质之后，欲维持人类社

会生态经济系统健康繁荣，势必要求一种人造的分解者产生——对于城市污水而言，这个人造分解者就是城市污水处理厂。它担负着降解、净化污水中各种有害物质，使人类生产、消费中的物质和水的循环维持良好的运行状态。

第二节 城市排水设施的演变

城市排水设施演变是与人类社会正在经历的生产工业化和人口都市化，这二个重大历史进程中的每次变动，息息相关的。随着人类对自然力及农具的使用，商品生产兴起，贸易之市——城镇开始出现，人口向城镇流动。随着人类对机器和矿物能大规模使用，工业革命兴起，工业城市出现，人口在城市密集。随着石油和汽车的大规模使用及近代石油化学工业的兴起，城市规模日益扩大，人口更为集中，涌现出一批现代化的工业城市。这每一次变动都标志着人类社会的一大进步。这每一次变动也推动了城市排水设施的发展。

当贸易之市出现时，人口密度不高，为排除雨水、生活污水及商业和手工业废水，只需开挖简单的沟渠即可。在特殊的政治文化城市，可能已出现暗渠和暗管，显示出排水设施的进一步发展方向。当时的城镇一般都邻近江河，从其上游取水，向下游排放污水。由于水量小，水质单纯，污水随江水流经一段距离即自然完成净化过程，也就是古人所说“流水不腐”的情况。在工业革命后，城市所排污水量增大，且所含病源体增加，超过水体净化能力，使流水仍腐，并时有病疫泛滥，人们开始修建专门设施对饮用水进行处理和消毒，对排放污水进行处理。在现代石油化工大发展时期，每年要制造出上千种新的化学物品，在总数达 500 万种的

化学物品中,已有 96000 种进入了人类环境,故城市污水的水质变得异常复杂。一些化学物质通过水中食物链进入人体之后,发生了致畸、致变及致癌等严重恶果。单靠现有给水和污水处理手段很难将这些物质完全除去,因此,人们在建城市污水厂时,开始对工业污染源进行治理和控制。在一些地区,由于工业及人口过份集中,水资源不足,还必须将污水净化后回用。故在当代情况下,排水设施往往要包含在污水流域内的上游控制、中游处理、下游利用等三个方面的工程措施。

严格地说,城市排水设施的发展大致经历了三个阶段,即由古老的沟渠工程进化到近代的卫生工程,最后是现代的环境工程,不过从本质上来讲,三者都属于城市流通网络设施范畴。上述演变情况可用表1-1来清楚地表示。

表 1-1 城市排水设施演变情况

名称	沟渠工程	卫生工程	环境工程	城乡生态工程 (设想)
组成	沟和渠	地下暗管道和 处理厂	污染源控制设 施、管道、处理(或 回用水)厂	污染源控制设 施、管道、污水、 污泥净化利用设 施
目的	排除雨、污 水	排水和消除一 股有机物及病原 体的污染	排水和消除各 种化学物质、有 机物及病原体的 污染	排水和消除各 种化学物质、有 机物及病原体的 污 染, 实 现 污 水、污泥资源化
性质	排水设施	市政设施	环境设施	生态设施
特点	以排水为目 标的土木工程	以市容卫生为 目标的城市卫生 工程	以水质控制为 目标的流域性环 境系统工程	以维护城乡生 态平衡为目标的 区域性生态工程